

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN MOTOR BAKAR DIESEL
PENGGERAK POMPA**



Disusun :

JOKO BROTO WALUYO

NIM : D.200.92.0069

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

Juli 2010

BAB I

PENDAHULUAN

Motor bakar merupakan salah satu jenis penggerak mula yang merubah energi thermal (energi panas) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dengan udara menjadi energi mekanik dimana proses pembakaran tersebut berlangsung dalam motor bakar itu sendiri. Motor bakar tersebut disebut juga “Mesin Pembakaran Dalam”.

Pada tahun 1860 Lenoir dari Perancis berhasil membuat mesin gas bersiklus dua langkah. Bahan bakar dinyalakan dengan percikan atau loncatan bunga api listrik pada langkah pengisian, oleh karena itu mesin tersebut bekerja dengan sistem tanpa kompresi, maka tidak dapat menghasilkan daya dan efisiensi yang tinggi.

Kemudian pada tahun 1862, juga dari Perancis Beau de Rochas berusaha memperbaiki dengan jalan mengadakan kompresi sebelum gas dinyalakan. Teori inilah kemudian menjadi prinsip mesin dengan siklus empat langkah.

Sukses manusia pertama mengubah energi panas menjadi energi mekanis telah dilakukan oleh James Watt ± 200 tahun yang lalu dengan penemuan mesin uapnya. Pada tahun 1876, Nicolaus August Otto mulai dengan motor pembakarannya. Kemudian di Jerman pada tahun 1879, Rudolf Diesel memperkenalkan mesin pembakarannya, yang sekarang dikenal dengan mesin diesel. Prinsip utama dari motor bakar diesel adalah

proses pengkompresian udara di dalam silinder hingga mencapai temperatur yang sangat tinggi, kemudian bahan bakar disemprotkan dengan pengabut (*nozzle*) ke dalam ruang bakar, sehingga akan menghasilkan suatu pembakaran. Hasil pembakaran tersebut diteruskan ke poros engkol (*crank shaft*) dengan perantara batang penghubung (*connecting rod*). Pada poros engkol dipasang roda penerus (*fly wheel*) yang akan menghimpun dan menyimpan tenaga yang dihasilkan dan sekaligus membuat putaran mesin stabil. Motor pembakaran (motor bakar) kemudian berkembang dengan berbagai perbaikan hingga bentuknya menjadi lebih kecil dan tenaganya menjadi lebih besar.

Motor pembakaran secara sendiri, sebetulnya tiada berguna. Hanya saja, kalau motor pembakaran ini dihubungkan dengan mesin kerja lainnya, maka baru nampak manfaatnya. Maka motor pembakaran ini pertama - tama harus dihubungkan dengan mesin kerja lainnya (*partnernya*) yang dapat bekerja sama, dengan demikian dapat dioperasikan secara efisien.

Mesin otomotif (mesin otto dan diesel) adalah termasuk mesin penggerak mula pembakaran dalam dengan bahan bakar minyak yang mempunyai keuntungan-keuntungan seperti mobilitas lebih besar (lebih praktis), efisiensi tempat yang lebih baik, serta untuk kebutuhan transportasi yang sangat mudah, adalah di antara sebab pesatnya perkembangan mesin otomotif.

Meskipun demikian, perkembangannya juga sempat terjadi pergeseran dengan mesin pembakaran luar. Pada saat minyak dijadikan alat

politik dunia (krisis minyak), orang lebih suka menggunakan mesin uap, sebab dipandang lebih menguntungkan bila ditinjau dari hal-hal sebagai berikut :

1. Mesin uap lebih leluasa menggunakan bermacam-macam bahan bakar, termasuk bahan bakar padat.
2. Mesin uap lebih bebas getaran.
3. Mesin turbin lebih praktis dipakai untuk daya tinggi.

1.1. Pengertian Umum Motor Bakar

Salah satu penggerak mula yang banyak dipakai adalah mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi thermal menjadi energi mekanik, yang diperoleh dari hasil perubahan bahan bakar. Ditinjau dari cara memperoleh energi panas dapat dibagi menjadi dua golongan :

- a. *Internal Combustion Engine*, yaitu suatu pesawat tenaga yang pembakarannya diadakan dari motor itu sendiri.
- b. *External Combustion Engine*, yaitu suatu pesawat tenaga yang pembakarannya diadakan diluar dari pesawat.

Contoh : mesin uap dan turbin uap

Mesin pembakaran dalam pada umumnya dikenal dengan nama motor bakar. Mesin ini, torak dan sudu-sudunya digerakkan oleh gas hasil pembakaran yang bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi pula, maka dari itu tidak dibutuhkan sebuah ketel uap. Dengan demikian, motor pembakaran dalam dapat dibuat dengan konstruksi yang ringan, sehingga perbandingan antara daya dan berat menjadi besar. Dalam kelompok ini terdapat motor

bakar torak turbin gas sistem dan propulsi pancar gas. Proses pembakaran berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri, sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Motor bakar torak mempergunakan silinder yang di dalamnya terdapat torak yang bekerja translasi (bolak-balik) di dalam silinder bersama terjadinya pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen dari udara. Gas hasil pembakaran itu pula yang digunakan untuk menggerakkan torak yang dihubungkan dengan batang penggerak, dengan proses engkol. Gerak translasi torak tadi menyebabkan gerak rotasi poros engkol dan sebaliknya, gerak rotasi poros engkol menyebabkan gerak translasi pada torak.

Pada propulsi pancar gas, adalah mesin yang menghasilkan gaya dorong. Gaya dorong tersebut terjadi karena adanya perubahan momentum gas yang mengalir melalui mesin tersebut. Contoh mesin propulsi pancar gas ialah mesin turbo jet, ram jet dan roket. Sedangkan pada turbin gas, gas berfungsi sebagai fluida kerja yang memutar roda turbin.

Pada mesin pembakaran luar, proses pembakaran bahan bakar terjadi diluar mesin, tinggi thermal dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin melalui beberapa dinding pemisah. Contohnya ketel uap (*steam boiler*), semua energi yang diperlukan diperoleh dari bahan bakar yang dibakar diruang tersendiri, gas hasil pembakaran yang tinggi temperaturnya melalui dinding pemindah kalor atau ketel uap, energi itu kemudian masuk ke dalam fluida kerja yang terdiri dari air dan uap. Efisiensinya sangat dipengaruhi oleh kekuatan material yang dipakai.

1.2. Klasifikasi Motor Bakar

Motor bakar dapat diklasifikasikan menurut peninjauan yang dipakai, antara lain :

1. Ditinjau dari cara penggunaannya :

- a. Mesin stasioner, digunakan untuk menggerakkan generator listrik, pompa air dan sebagainya.
- b. Mesin untuk kendaraan bermotor, kereta api, pesawat terbang dan lain- lain.

2. Ditinjau dari pemakaian bahan bakar :

- a. Motor dengan menggunakan bahan bakar bensin pada umumnya disebut motor bensin.
- b. Motor dengan menggunakan bahan bakar solar pada umumnya disebut motor diesel.
- c. Motor dengan menggunakan bahan bakar gas.

3. Ditinjau dari sistem pembakaran :

a. *Spark Ignition Engines*

Yaitu terjadinya pembakaran dikarenakan oleh loncatan bunga api listrik di antara kedua elektroda busi.

b. *Compression Ignition Engines*

Yaitu terjadinya proses pembakaran karena bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder berisi udara yang bertemperatur dan bertekanan tinggi.

4. Ditinjau menurut susunan silinder :

- a. Mesin satu baris, yaitu apabila sumbu semua silinder terletak pada sebuah bidang datar, sejajar, atau satu baris. Merupakan susunan silinder yang sangat sederhana.
- b. Mesin “V”, yaitu apabila silindernya terletak pada dua bidang yang berpotongan. Pemasangannya adalah dua silinder satu poros engkol. Bila dibandingkan dengan mesin satu baris, mempunyai keuntungan yaitu motor lebih pendek.
- c. Mesin radial, yaitu pada sumbu silindernya terletak radial terhadap sumbu poros engkol, atau mempunyai susunan silinder yang kesemuanya terletak pada satu bidang dengan garis tengahnya berada pada satu sudut yang sama dan hanya ada satu engkol tempat untuk memasang semua batang engkol. Adapun mesin ini banyak digunakan untuk mesin pesawat terbang.
- d. Mesin torak berlawanan, yaitu terdiri dari dua piston berlawanan arah dalam satu silinder.

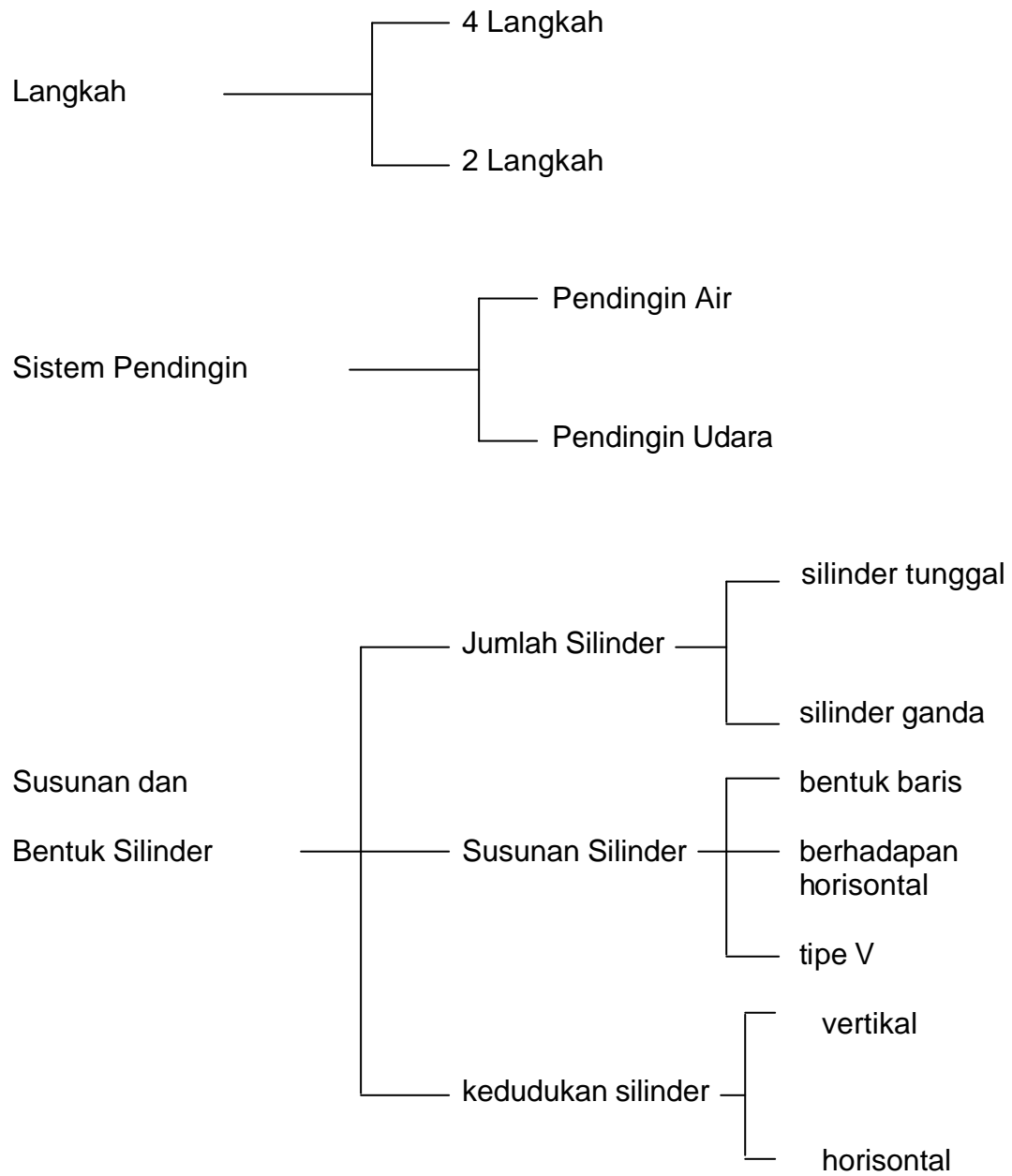
5. Ditinjau menurut macam langkah pembakaran :

- a. Sistem 2 langkah
- b. Sistem 4 langkah

6. Ditinjau menurut sistem pendinginan :

- a. Pendingin Air
- b. Pendingin Udara

Di bawah ini ditunjukkan diagram klasifikasi dari motor diesel :



1.3. Motor Bakar Torak

Motor bakar torak terbagi dua jenis utama, yaitu motor bensin (otto) dan motor diesel. Perbedaan yang utama terletak pada sistem penyalanya. Bahan bakar motor bensin dinyalakan oleh loncatan bunga api listrik (*spark ignition engines*) antara dua elektroda busi.

Di dalam motor diesel biasa disebut *Compression Ignition Engines* terjadi proses penyalan sendiri, yaitu karena bahan bakar diinjeksikan ke dalam silinder yang berisi udara yang bertemperatur dan bertekanan tinggi.

Bahan bakar itu akan terbakar sendiri oleh udara tersebut yang mengandung 21% volume O₂ dan setelah temperaturnya melalui temperatur nyala bahan bakar.

Motor bakar torak dilihat dari siklusnya dapat dibedakan menjadi siklus motor 4 langkah (4 tak) dan siklus motor 2 langkah (2 tak).

Pada motor 4 langkah terjadi siklus yang sempurna yaitu terlaksananya langkah isap torak (TMA – TMB), langkah kompresi (TMB – TMA), langkah ekspansi (TMA – TMB), dan langkah buang (TMB – TMA) atau terjadinya torak bergerak translasi 4 kali dan menghasilkan putaran poros engkol 2 kali (720°) dengan sekali langkah kerja/usaha. Secara skematis dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1.1. Skema siklus kerja motor 4 langkah

a. Langkah Isap

Torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) ditarik oleh batang engkol "r", yang diujung bawah digerakkan engkol "c", bersamaan dengan itu *Inlet Valve* membuka, sehingga volume ruang didalam silinder bertambah besar. Akibatnya tekanan akan turun dan berada dibawah tekanan atmosfer. Hal ini menyebabkan udara masuk ke dalam silinder, gerakan ini berlanjut sampai piston mencapai TMB.

b. Langkah Kompresi

Setelah torak mencapai TMB, maka katup inlet menutup dan torak didorong ke atas menuju TMA oleh engkol, dan batang engkol menekan udara didalam silinder. Udara yang dimampatkan menyebabkan tekanan dan temperatur naik.

c. Langkah Usaha/Kerja

Sebelum piston mencapai TMA, bahan bakar disemprotkan ke ruang bakar, karena suhu ruang silinder dan tekanannya tinggi, maka disusul ledakan pembakaran pada saat kira - kira piston berada pada TMA, sehingga piston terdorong ke TMB.

d. Langkah Buang

Sebelum torak mencapai TMB, katup buang mulai membuka. Hasil pembakaran yang panas dan masih bertekanan tinggi mulai keluar melalui lubang buang. Saat piston bergerak dari TMB ke TMA, maka sisa pembakaran yang berupa gas akan didorong keluar piston melalui *Exhaust Valve* sampai piston mencapai TMA.

Sedangkan pada motor 2 langkah (2 tak), melengkapi siklusnya hanya dengan 2 kali gerak translasi torak sepanjang TMA - TMB - TMA, putaran poros engkolnya satu kali, dan kerja / usaha juga satu kali.

1.4. Motor Bakar Diesel

Prinsip utama dari motor diesel adalah proses pengkompresian didalam silinder, sehingga mencapai temperatur yang sangat tinggi, kemudian bahan bakar disemprotkan dengan pengabut (*nozzle*) ke dalam ruang bakar, sehingga akan menghasilkan suatu pembakaran. Hasil tenaga dari pembakaran tersebut diteruskan ke poros engkol (*crank shaft*) dengan perantaraan batang penghubung (*connecting rod*) pada poros engkol dipasang roda penerus (*fly wheel*) yang akan menghimpun dan menyimpan tenaga yang dihasilkan dan sekaligus membuat putaran mesin menjadi stabil.

Dalam perencanaan ini, direncanakan motor diesel putaran tinggi yang mempunyai beberapa keuntungan, di antaranya :

1. Bahan bakar yang digunakan adalah solar yang mempunyai titik bakar tinggi, sehingga jarang terjadi kebakaran awal (detonasi).
2. Yang dihisap piston adalah udara murni dan bahan bakar solar lebih efisien dibandingkan bahan bakar bensin.
3. Konstruksinya lebih sederhana, karena tidak memerlukan alat pembangkit pemercik listrik.
4. Motor bakar diesel lebih mudah dalam perawatan dan pemeliharaannya.

Dalam perencanaan digunakan ruang bakar dengan pengabutan langsung (*Direct Injection Combustion System*), yaitu bahan bakar di injeksikan langsung ke ruang bakar yang di dalamnya ada udara bertemperatur dan bertekanan tinggi.

Beberapa keuntungan dari ruang bakar injeksi langsung antara lain :

1. Hemat bahan bakar
 - a. Karena bahan bakar diinjeksikan secara langsung ke dalam ceruk pada mahkota dari piston, energi yang dihasilkan pada langkah usaha digunakan sepenuhnya untuk menekan piston ke TMB.
 - b. Karena tidak memiliki lubang penghubung antara ruang bakar mula dan ruang bakar utama, sehingga tidak mengalami kerugian pada saat campuran udara dan bahan bakar melewati saluran penghubung, sehingga bahan bakar lebih efisien.
 - c. Daerah penyalan dari ruang bakar lebih kecil sehingga kerugian panas dapat dikurangi.
2. Karena konstruksinya yang tanpa ruang bakar mula, beban panas akan menjadi lebih kecil, sehingga tidak ada distorsi pada kedudukan katup (*valve seat*), maupun keretakan pada silinder head karena panas yang berlebihan.
3. Tidak memerlukan alat penyalan awal (*pre heating*).
4. Tekanan dan suhu kompresi tinggi, sehingga menghasilkan tenaga yang besar.

1.5. Persepsi Persoalan

Rencanakan sebuah motor diesel yang akan digunakan untuk penggerak pompa air. Pompa tersebut diharapkan mempunyai debit 30 m³/menit dan head 8 meter.

Dari persoalan tersebut di atas diketahui,

Kapasitas pompa, Q = 30 m³/menit

Head pompa, H = 8 meter

Sehingga untuk mencari kecepatan putaran pompa dengan rumus :

$$n_s = n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots (1.1)$$

$$n = n_s \frac{H^{3/4}}{Q^{1/2}}$$

dimana ;

n_s = kecepatan spesifik

Dari grafik efisiensi standar pompa, buku Pompa dan Kompresor (Sularso) didapat ; untuk Q = 30 m³/menit

$$n_s = 630, \text{ untuk aliran campur} \dots\dots\dots (1.2)$$

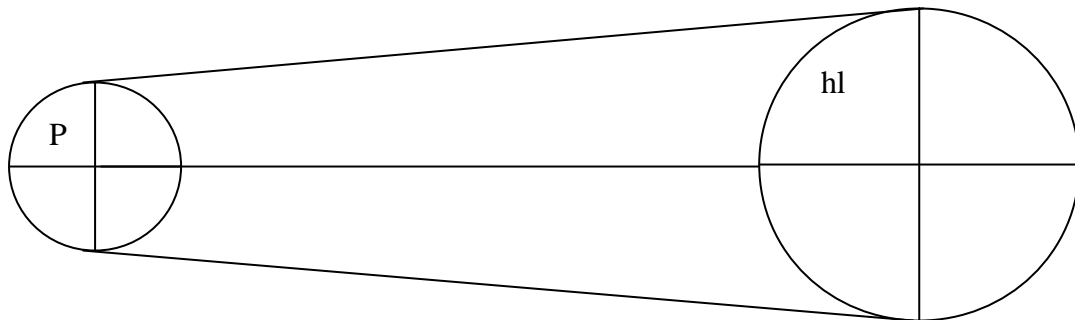
$$\eta_p = 74 \%$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} n &= 630 \frac{8^{3/4}}{30^{1/2}} \\ &= 3450,65 \text{ rpm} \approx 3451 \text{ rpm} \end{aligned}$$

^(1.1) Sularso, Pompa dan kompresor PT. Pradnya paramita hal 5
^(1.2) Ibid hal 53

Untuk mendapatkan putaran mesin stasioner, direncanakan penghubung putaran dengan dikopel dengan *belt*, dengan perbandingan n_f : $n_m = 2 : 1$, sehingga putaran pompa 2x putaran mesin.



Gambar 1.2. Pengopelan dilihat dari samping



Gambar 1.3. Pengopelan dilihat dari atas

Dengan memperhitungkan rugi *slip* (gesekan), maka putaran mesin diambil 1900 rpm.

Untuk mendapatkan daya pompa, dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{0,163 \cdot \theta \cdot Q \cdot H}{\eta_p} \dots\dots\dots (1.3) \\
 &= \frac{0,163 \cdot 1 \cdot 30 \cdot 8}{0,74} \\
 &= 53 \text{ kW} \\
 &= 71 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

^(1.3) Sularso, Op cit hal 53

Karena pada saat start diperlukan daya motor yang lebih besar, dan sebagai faktor keamanan bila terjadi *overhead* (beban berlebih), maka daya ini perlu diperbesar dengan membagi rendemen mekanik dengan batasan :

$$\eta_m = 0,78 + 0,83 \dots\dots\dots (1.4)$$

$$\text{diambil : } \eta_m = 0,80$$

maka :

$$P = \frac{71}{0,80}$$

$$= 88,75 \text{ HP}$$

diambil, P = 90 HP

Dalam perencanaan motor bakar, direncanakan :

1. Daya : 90 HP
2. Putaran : 1900 rpm
3. Jumlah Silinder : 4 buah
4. Sistem Pembakaran : 4 langkah
5. Pendinginan : pendingin air
6. Jenis bahan bakar : solar (minyak diesel)

^(1.4) N. Petrovsky, *Marine Internal Combustion Engines*, hal 61